

MĚŘENÍ PROUDĚNÍ POMOCÍ PIV V PROTĚKANÉM PROSTORU ČERPADLA EMULZÍ

P. Zubík*

1. Úvod

Pracovníci Odboru fluidního inženýrství Victora Kaplana (OFIVK) Energetického ústavu Fakulty strojního inženýrství na Vysokém učení technickém v Brně prováděli na konci roku 2004 pro firmu EMP, s. r. o. Slavkov u Brna vývoj čerpadel pro čerpání emulzí. V rámci tohoto výzkumu bylo, mimo jiné, použito principiálně nové hydraulické řešení využívající vířivé tlakové kolo. Pro verifikaci matematického modelu v programu FLUENT bylo velmi žádoucí provést experiment, který by poskytl informace o charakteru proudění uvnitř komůrky oběžného kola. V Laboratoři vodohospodářského výzkumu (LVV) Ústavu vodních staveb Fakulty stavební Vysokého učení technického v Brně bylo pro tento účel využito měřicí zařízení rovinné laserové anemometrie (Particle Image Velocimetry (PIV)).

2. Zkušební model

Pro měření byl upraven prototyp čerpadla zhotovením víka skříně oběžného kola z umaplexu (obr. 1 až 4). Objekt měl tedy reálné velmi malé rozměry – průměr oběžného kola je 66 mm. Výtlak čerpadla byl přes indukční průtokoměr a šoupátko připojen, stejně jako sání, k malé zásobní nádobě. Při měření vnější charakteristiky čerpadla na pracovišti OFIV nebyla čerpanou kapalinou olejová emulze, ale pitná voda. Pro měření proudění bylo také předpokládáno použití vody.

3. Řešení optického přístupu k měřenému prostoru

Nerovinné plochy rozhraní mezi prostorem, ve kterém proudí kapalina uvnitř čerpadla, a pevnou stěnou tělesa čerpadla jsou největší překážkou použití optických měřicích metod. Možnost vložit kalibrační terčik dovnitř čerpadla (při zaplnění kapalinou) pro vytvoření algoritmu umožňujícího provést dodatečnou opravu deformovaných obrazů, je v daném případě prakticky vyloučena. Potom nejspolehlivější cesta vede přes minimalizaci možných optických deformací zaznamenávaných obrazů. Ideálem je dosáhnout stavu, kdy index lomu kapaliny a materiálu stěny modelu bude totožný (v měřičské praxi aspoň co nejbližší). Index lomu čisté vody je 1.33, umaplexu přibližně 1.45. Ve srovnání s hodnotou 1,0 u vzduchu to není tak radikální diference, proto u větších modelů lze mírnější nerovinnost stěn většinou zanedbat. U takto malého a tvarově komplikovaného modelu je však měření s čistou vodou nemožné. Ve vodě byl rozpuštěn jodid sodný (NaJ) – látka ne příliš zdravá škodlivá i jinak nebezpečná, cenově přijatelná a přinášející žádoucí efekt bez výrazné změny viskozity (na rozdíl od uhlovodíků). Zcela nasycený roztok NaJ ve vodě poskytuje téměř ideální shodu indexů lomu a optické vady v zaznamenávaných obrazech jsou většinou neznatelné.

4. Měření proudění

Na počátku vlastního měření bylo nutno se ještě vypořádat s problémem kavitace a následným zneprůhledněním kapaliny obrovským množstvím velmi malých vzduchových bublinek. „Natlakování“ celého okruhu mělo omezené možnosti a bylo málo účinné. Řešení přineslo snížení otáček hnacího elektromotoru pomocí frekvenčního měniče. Měření byla potom prováděna vždy v řadě rostoucích otáček až po počátek vzniku bublinek, tak aby byla

* Ing. Pavel Zubík, Ph.D.: Ústav vodních staveb, Fakulta stavební, Vysoké učení technické v Brně; Veveří 331/95, 602 00 Brno; tel.: 541 147 286, fax: 541 147 288; e-mail: Zubik.P@fce.vutbr.cz

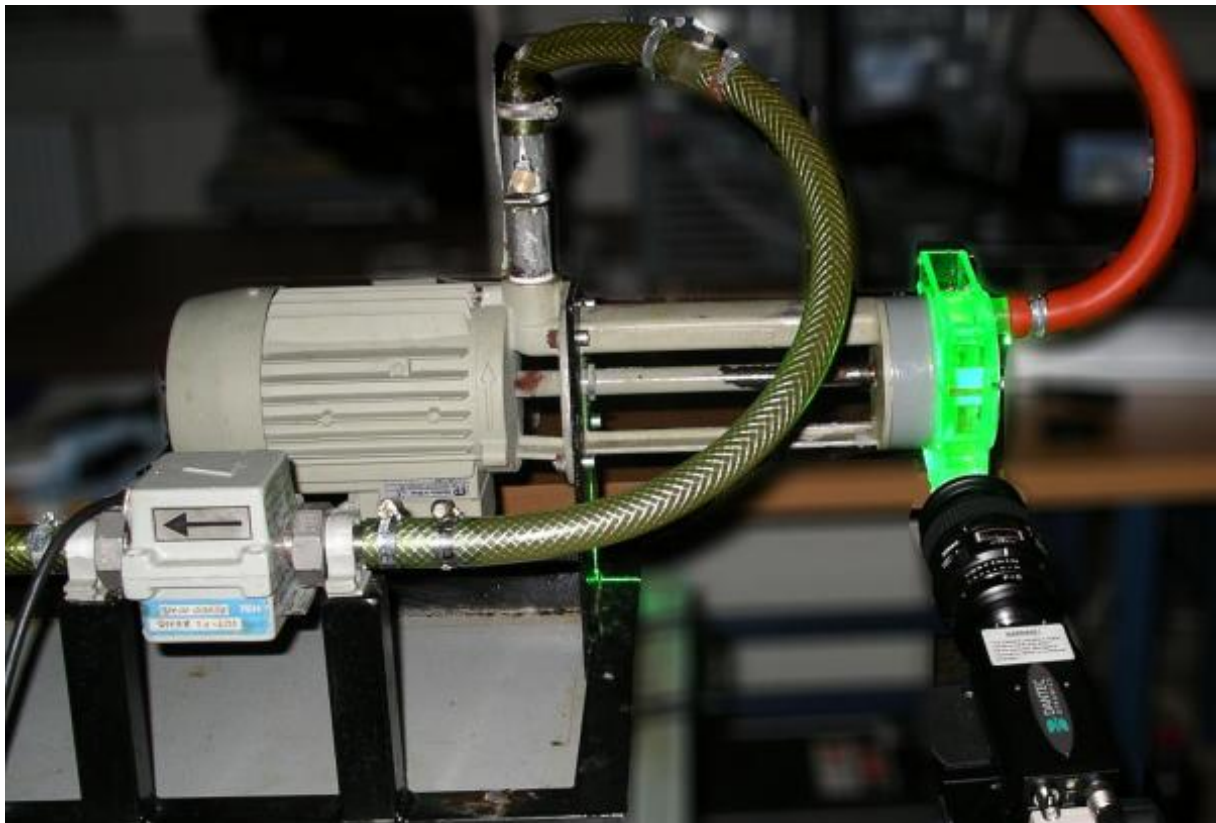
prokázána automodelovost režimu proudění (charakter proudění se s rostoucími otáčkami neměnil).

Měřeno bylo jednak v rovinách kolmých na osu rotace v různých vzdálenostech od disku oběžného kola včetně situace kdy měřená rovina vstupovala do mezilopatkového prostoru (obr. 5), příklad jednoho výstupu je na obr. 6.

Dále bylo měřeno v rovině kolmé na disk oběžného kola a procházející osou rotace obr. 7 a 8. Měření v tomto místě bylo nejobtížnější, přineslo však žádanou odpověď na princip činnosti tohoto typu čerpadla a umožnilo správně nastavit parametry pro matematický model (příklad výstupu na obr. 9).

5. Závěr

Přes počáteční velké obtíže přinesla aplikace PIV při měření na vířivém čerpadle potřebné informace pro verifikaci matematického modelu.



Obr.1 Celkový pohled na čerpadlo (v popředí vlevo indukční průtokoměr, vpravo PIV kamera)



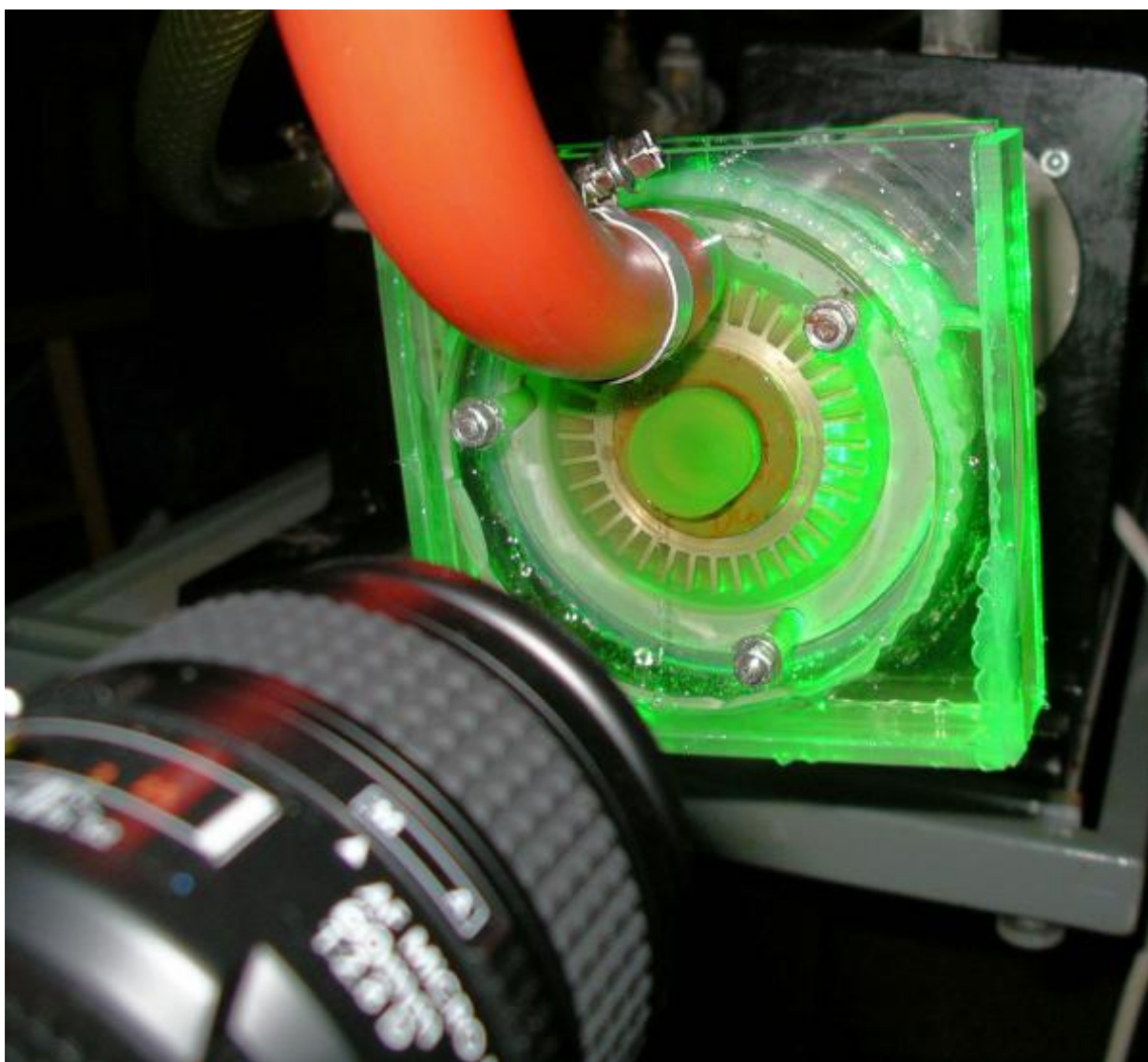
Obr.2 Oběžné kolo čerpadla



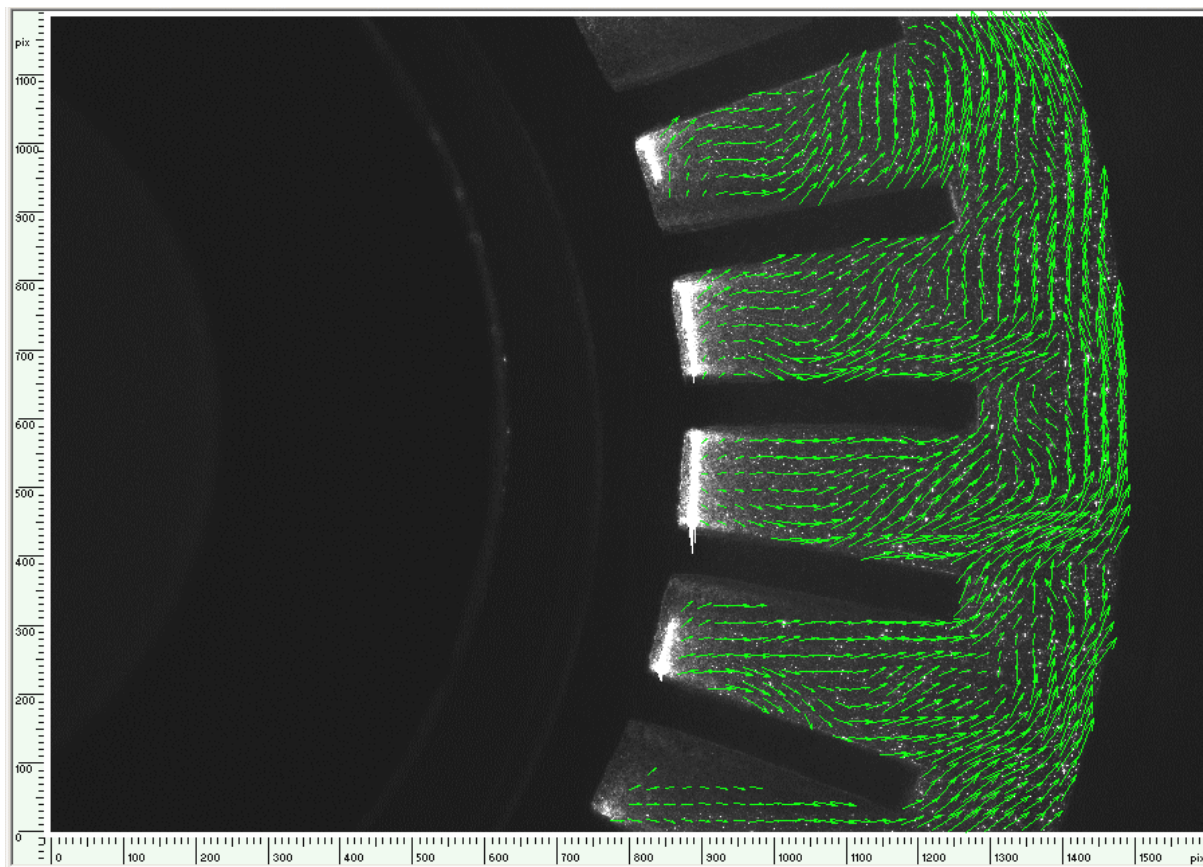
Obr.3 Skříň čerpadla



Obr.4 Víko čerpadla z umaplexu



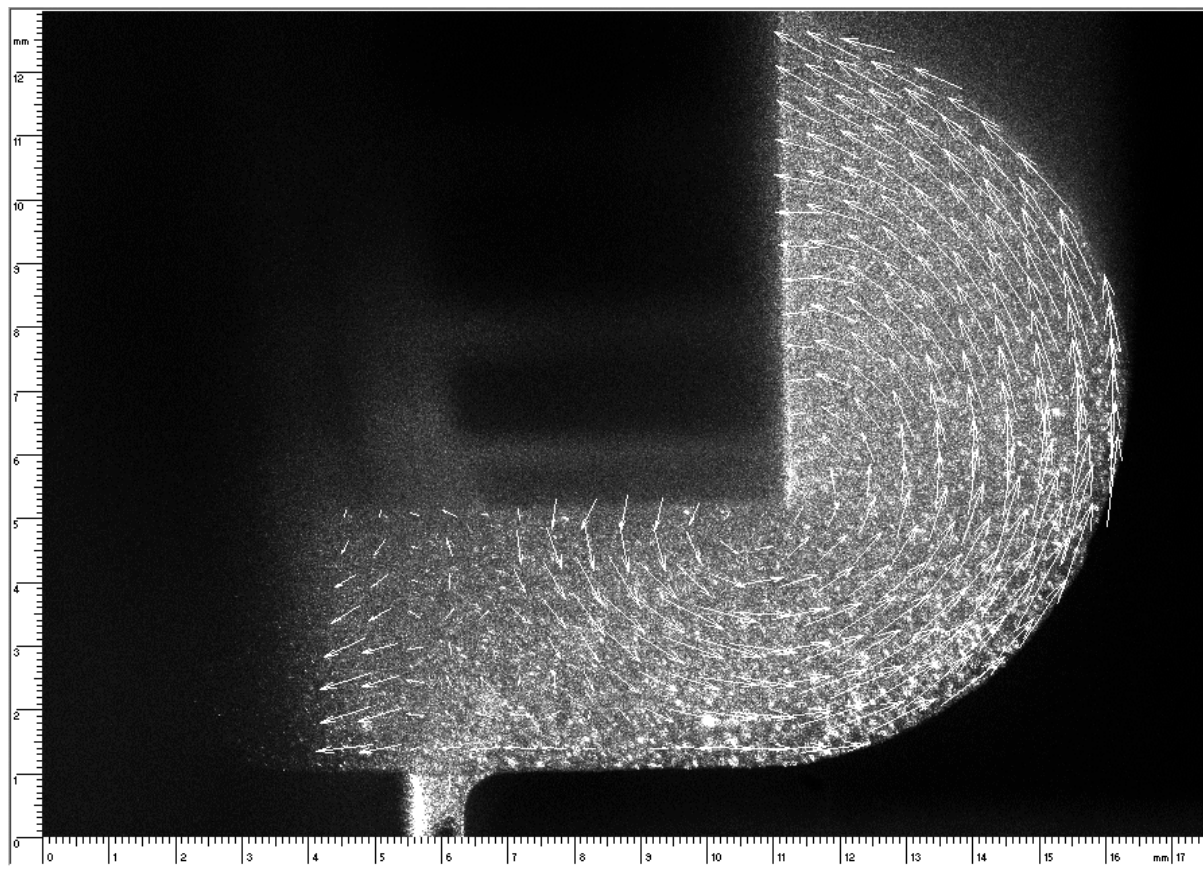
Obr.5 Osvětlování měrné roviny mezi lopatkami oběžného kola čerpadla



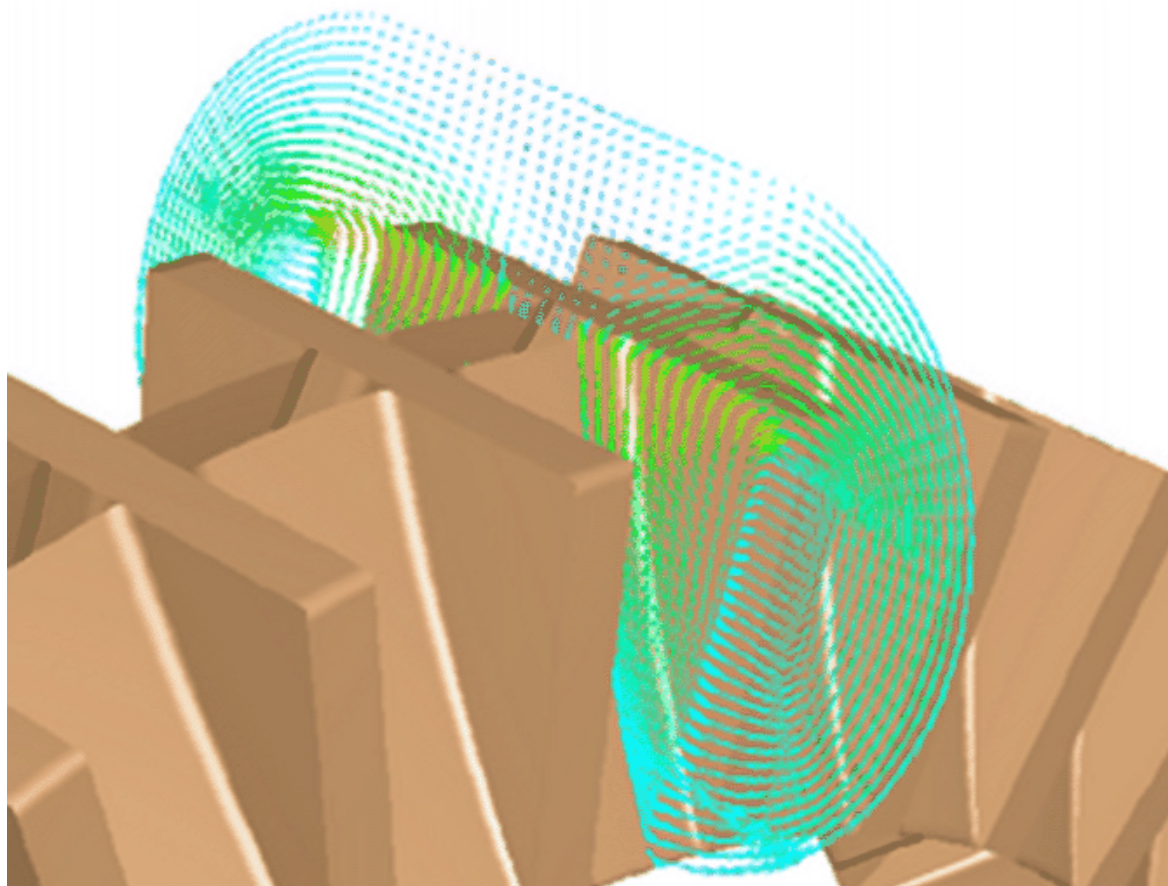
Obr.6 Jeden okamžitý stav rychlostního pole (relativní rychlosti vůči oběžnému kotouči) mezi lopatkami oběžného kola čerpadla



Obr.7 Osvětlování měrné roviny kolmé na disk oběžného kola a procházející osou rotace



Obr.8 Časově střední obraz proudění v rovině kolmé na disk oběžného kola



Obr.9 Rozložení rychlostí stanovené matematickým modelem